

Einige wachstumsbedingte
Veränderungen am Kauapparat
des Meerschweinchens

Wolfgang Apelt

*Less
München
1905*



Digitized by the Internet Archive
in 2026

Aus der
Anatomischen Anstalt der Universität München
Vorstand: Prof. Dr. H. Frick

E i n i g e w a c h s t u m s b e d i n g t e
V e r ä n d e r u n g e n a m K a u -
a p p a r a t d e s M e e r s c h w e i n c h e n s

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der Zahnheilkunde
an der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Wolfgang Apelt
aus

München

1 9 8 5

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. H. Frick

Mitberichterstatter:

Dekan: Prof. Dr. W. Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 03.10.1985

Meiner lieben Mutter
mit herzlichem Dank

I n h a l t s v e r z e i c h n i s

	Seite
Einleitung	1
Material und Methode	3
Befunde	
I. Veränderungen am Schädel	6
II. Der Masseter-Temporalis-Komplex beim adulten Tier	19
III. Vergleich des Masseter-Temporalis-Komplexes im adulten und pränatalen Stadium	38
Diskussion	43
Zusammenfassung	51
Literaturverzeichnis	53

E i n l e i t u n g

Das Meerschweinchen gehört zur Ordnung der Nagetiere, die sich durch eine hohe Spezialisierung ihres Kauapparates auszeichnet. Der Bauplan seines stomatognathen Systems ist bereits im späten Fötalstadium in den Grundzügen realisiert. Als Nestflüchter kann das Meerschweinchen schon am 1. Tag nach der Geburt selbständig Nahrung aufnehmen.

Bei der Formgebung des Schädels spielen neben der Körperhaltung und der Größe des Tieres vor allem das Gehirn, die Sinneskapseln und die Kaumuskulatur eine bestimmende Rolle (BLUNTSCHLI; 1929).

Bei phylogenetischen und ontogenetischen Veränderungen gibt es am Schädel kein *Punctum fixum* (KUMMER; 1957). Es ist daher nicht ganz leicht, sinnvolle Parameter zu finden, um das Geschehen zu beschreiben (FREYE; 1962). Während die Schädeltypologie unter anderem die Möglichkeit bietet, die Abwandlungen des Craniums im Ganzen zu erfassen, sollen in der vorliegenden Arbeit die Veränderungen des Schädels und eines Teils der Kaumuskulatur in Bezug zur Seitenzahnreihe dargestellt werden. Die Aufgabe des Kauapparates besteht hauptsächlich darin, Drücke und Scherkräfte zwischen den Okklusionsflächen zu erzeugen. Die *Facies masticatoria* der Zähne bildet somit die wirksame Stelle des Systems.

Am Oberschädel treten Gehirn, Sinnesorgane und Muskulatur in Konkurrenz zueinander. Seine Form muß den funktionellen Erfordernissen dieser Organe Rechnung tragen. Die Verhältnisse werden noch dadurch kompliziert, daß die Entwicklung nicht synchron verläuft. Will man Umgestaltungen des Kauapparates gesondert beobachten, so empfiehlt es sich, diese auf die wirksame Stelle des Systems, nämlich auf die Okklusionsfläche der Seitenzähne bzw. der Schneidezähne, zu beziehen. Zur Aufindung sinnvoller Parameter hat sich folgendes Verfahren bewährt: Die Lateralansichten eines perinatalen und eines erwachsenen Schädels werden aufeinander projiziert, wobei die Okklusionsebenen der Seitenzähne im Oberkiefer zur Deckung und

auf gleiche Länge gebracht werden (Abb. 1). Auf diese Weise lassen sich verhältnismäßig leicht die Punkte am Cranium auffinden, welche sich relativ zur Referenzlinie verändern. Um das Bild nicht zu verwirren, werden die Auswirkungen des Schädelwachstums auf die Incisivi weitgehend außer acht gelassen.

Die vorliegenden Untersuchungen beschränken sich im myologischen Teil auf die Mm. masseter und temporalis. Über den Kauapparat des Meerschweinchens einschließlich der Muskeln liegen Veröffentlichungen von TOLDT (1905) und SCHUMACHER (1961) vor. Um die wachstumsbedingten Veränderungen feststellen zu können, mußten jedoch noch weitere Befunde - auch am adulten Tier - erhoben werden.

M a t e r i a l u n d M e t h o d e

Als Untersuchungsmaterial standen 28 Exemplare von *Cavia porcellus* L. 1758 zur Verfügung. Nach dem von STOJANOWIĆ (1977) vorgeschlagenen Verfahren zur Altersbeurteilung beim Meerschweinchen wurden 6 verschiedene Altersgruppen ermittelt:

- Gruppe A: 1 Tier etwa 14 Tage vor der Geburt
- Gruppe B: 3 Tiere etwa 10 Tage vor der Geburt
- Gruppe C: 4 Tiere etwa 8 Tage vor der Geburt
- Gruppe D: 4 Tiere etwa 5 Tage vor der Geburt
- Gruppe E: 7 Neugeborene
- Gruppe F: 9 Erwachsene (d. h.: etwa 12 Monate alt)

In Anlehnung an diese Methode dienten die Schädellänge von der Crista occipitalis bis zum Septum interalveolare der oberen Incisivi, die Länge der Mandibula von der Verbindungslinie zwischen den Processus angularis und condylaris als Basis bis zur Symphyse, die Dicke der Schneidezähne direkt unterhalb der Reibefläche von der Labial- zur Lingualseite sowie die Diastemabreite vom lingualen Alveolarrand der Incisivi zum mesialen des PM 4 der altersmäßigen Einstufung. Außerdem wurde die Ossifikation der Nähte beachtet.

Den Präparationsarbeiten ging eine einwöchige Fixierung in 10 %igem Formalin voraus. Die weitere Aufbewahrung erfolgte in 70 %igem Alkohol.

Von den verwendeten adulten Meerschweinchenköpfen wurden vier einer Mazeration unterzogen. Bei den Jungtieren wurde davon wegen der unzureichenden Ossifikation Abstand genommen. An vier derartigen Exemplaren war die Herstellung eines Knochenpräparates durch die präparatorische Entfernung sämtlicher Weichteile möglich. Die Darstellung der anatomischen Gegebenheiten von medial nach entsprechendem Sagittalschnitt gab an einem alten und vier jungen Schädeln unterschiedlicher Entwicklungsstufen gute Aufschlüsse über wachstumsbedingte Veränderungen.

Für die Anfertigung von Schädelaufnahmen fand eine Leica M1 Verwendung. Darüberhinaus wurden Röntgenbilder von halbier-ten Köpfen hergestellt. Bei perinatalen Tieren erwies sich die Zahnfilmaufnahme im Format 7,6 x 5,7 cm mit 65 KV Beschleunigungsspannung, 1/10 Sekunde Belichtungszeit und 25 cm Fokusab-stand als am aussagekräftigsten. Eine gute Wiedergabe des ausgewachsenen Schädelskeletts erbrachten die gleichen Rönt-genfotos - allerdings bei 1/8 Sekunde Expositionsdauer. Die bisher aufgeführten Verfahren dienten der Erstellung der halbschematischen Zeichnungen.

Zur Schädelvermessung wurden eingesetzt:

- ein "diagnostisches Besteck nach Korkhaus" von Seitz & Haag, bestehend aus einem Abgreifzirkel und einem ortho-dontischen Kreuz, wie sie in der Kieferorthopädie für die Modellanalyse üblich sind,
- ein Geometriedreieck für die Winkelbestimmung,
- eine Schublehre.

Die sogenannte Auffaserungsmethode gestattet einen guten Einblick in Aufbau und Anordnung des Sehnenskeletts sowie der Fiederschichten. Außerdem erlaubt diese Präparationstechnik, den Verlauf der Nervenäste zu verfolgen. Ihr Prinzip besteht darin, möglichst dünne Muskelfaserbündel zu isolieren und an Ursprung und Ansatz abzutrennen. Hierbei war ein Stereomikro-skop mit 16- bis 40facher Vergrößerung von Nutzen. Bewährt hat sich eine Kaltlichtquelle KL 1500 von Schott mit zwei Schwan-nenhals-Lichtleitern zum einen wegen der hervorragenden Aus-leuchtung des Präparationsfeldes, zum anderen wegen des gerin-geren Feuchtigkeitsverlustes des untersuchten Materials. Das Instrumentarium bestand aus einer Uhrmacherpinzette und einem Skalpell mit kleiner Klinge.

Die Aponeurosen erhielten eine in Präparationsrichtung von der Muskeoberfläche in die Tiefe fortlaufende Numerie-rung. Für die Bezeichnung "Aponeurose" steht die Abkürzung A, die mit einer römischen Zahl gekennzeichnet ist, z. B. A I. Die ungeraden Zahlen benennen dabei die Ursprungsaponeurosen,

geraden die Ansatzaponeurosen. Mit arabischen Ziffern werden hingegen die Fiederschichten von der Oberfläche in die Tiefe durchgehend nummeriert, z. B. FS 1.

Im Rahmen der Bestimmung der Muskelbündellänge wurden - soweit nicht besonders vermerkt - nur die größten der jeweiligen Fiederschicht berücksichtigt und zum Vergleich der Entwicklungsstufen herangezogen.

An 4 reifen und 8 perinatalen Köpfen verschiedenen Alters erfolgte die vollständige Auffaserung der Mm. masseteres und temporales. Zur Abschätzung der wachstumsbedingten Gewichtszunahme der betreffenden Muskeln wurden nach Lagerung im Trockenschrank bei 70 ° Wägungen bis zur Gewichtskonstanz durchgeführt, die nach 4 Tagen erreicht war.

Die bei den Befunden angegebenen Zahlenwerte sind wegen der geringen Zahl der untersuchten Exemplare nicht signifikant. Sie sind jedoch tendenziell richtig, da bei allen Tieren im Prinzip die geschilderten Beobachtungen einander entsprachen.

B e f u n d e

I. Veränderungen am Schädel

Im Folgenden werden ein adultes und ein fötales Meer-schweinchen im Alter von etwa einer Woche vor der Geburt durch Übereinanderprojektion der Seitenansichten des Schädels miteinander verglichen. Dabei bringt man zweckmäßigerweise die Längen der Kauflächen der Oberkieferseitenzähne zur Deckung (Abb. 1).

1. Das Gebiß

Jeder Kieferquadrant trägt 4 Seitenzähne (PM 4, M 1, M 2, M 3) und einen Schneidezahn (I 1), die alle eine offene Wurzel haben und permanentes Wachstum zeigen. Die Seitenzähne besitzen ein deutliches Schmelzleistenmuster. Der Prämolare und die Molaren legen sich mit ihren Approximalflächen aneinander, so daß keine Interdentalräume vorhanden sind.

Die Zahnentwicklung verläuft im Ober- und Unterkiefer in etwa synchron. 10 Tage vor der Geburt sind die Incisivi bereits durchgebrochen; die 3 vorderen Seitenzähne überragen den Alveolarrand, sind jedoch noch von Schleimhaut überzogen. Auch der M 3 ist schon ausgebildet, allerdings erreichen seine Höckerspitzen gerade erst den Zahnfachaushang. (Beim Neonaten ist der Durchbruch vom PM 4 bis zum M 2 vollendet. Der M 3 hat ebenfalls an Länge gewonnen, aber er wird noch von der Gingiva bedeckt.)

In der Perspektive von lateral fällt beim fötalen Tier eine wesentlich stärkere Konvergenz der Seitenzähne zueinander auf als beim ausgewachsenen. Um die unterschiedliche Zahnstellung quantitativ zu erfassen, kann man zwei Linien festlegen, die einander schneiden und somit einen Winkel einschließen. Der mesiale Schenkel verläuft einerseits durch den Punkt der Alveole des PM 4, wo ihr Boden in die Vorderwand übergeht, andererseits durch den rostralen Endpunkt der Okklusionsfläche. Entsprechend wird der distale Schenkel am M 3 durch den

Übergang des Alveolenbodens in die Rückwand sowie das kaudale Ende der Kauebene gezogen. Dieses Vorgehen empfiehlt sich, da die gewählten Punkte verhältnismäßig gut zu bestimmen sind, wogegen das genaue Anlegen einer Tangente an den Vorderrand des PM 4 bzw. an den Hinterrand des M 3 beim Jungen mit Schwierigkeiten verbunden ist.

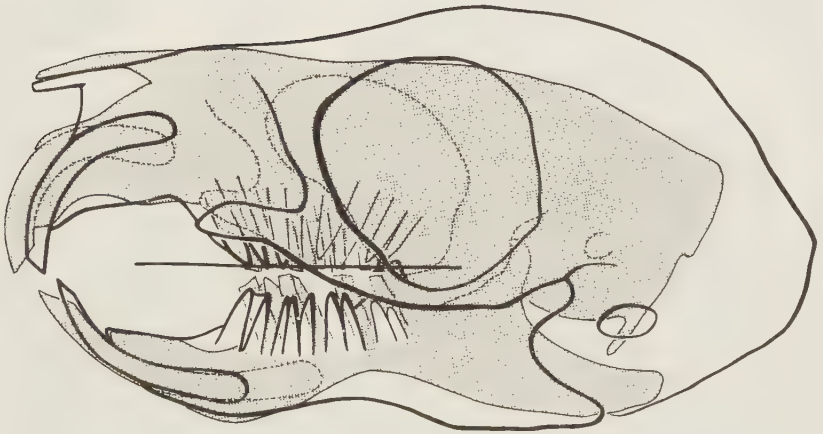


Abb. 1: Übereinanderprojektion der Schädel eines erwachsenen (schraffiert, dünne und gestrichelte Linien; 1,7 fache Vergrößerung) und eines pränatalen Tieres (3,25fache Vergrößerung); die Referenzlinien der oberen Seitenzähne sind zur Deckung und auf gleiche Länge gebracht.

In der vorgeburtlichen Spätphase beträgt der für die Oberkieferzähne nach oben offene Winkel (Abb. 4; A) rund 50° , nach Wachstumsabschluß lediglich ca. 16° . Die annähernde Parallelisierung der oberen Seitenzähne ist vor allem auf die Aufrichtung des M 3 zurückzuführen. In weit geringerem Maße stellt sich auch der PM 4 steiler ein (Abb. 1, 2).



Abb. 2: Ansicht der Oberschädel eines erwachsenen und eines pränatalen Tieres von medial. Die Alveolen sind eröffnet.

Genauso zeichnen sich im pränatalen Unterkiefer die Seitenzähne durch eine ausgeprägte Auffächerung ihrer Längsachsen zum Apex hin aus, die im Zuge der Entwicklung deutlich abnimmt. Der nach unten offene Winkel (Abb. 4; B) ist beim Föten 60° groß, beim Adulten nur 20°. Im Gegensatz zu den Seitenzähnen im Oberkiefer wird hier der PM 4 am stärksten aufgerichtet, wogegen die Längsachse des M 3 ihre Orientierung in Bezug auf die Kauebene nahezu beibehält (Abb. 1, 3).

Die Länge der Okklusionsfläche steigert sich im Oberkiefer (Abb. 7; a) um fast 90 % von 7,7 auf 14,6 mm, im Unterkiefer (Abb. 7; b) um etwa 80 % von 8,3 auf 14,9 mm.



Abb. 3: Ansicht der Mandibula eines erwachsenen und eines pränatalen Tieres von medial. Die Aleolen sind eröffnet.

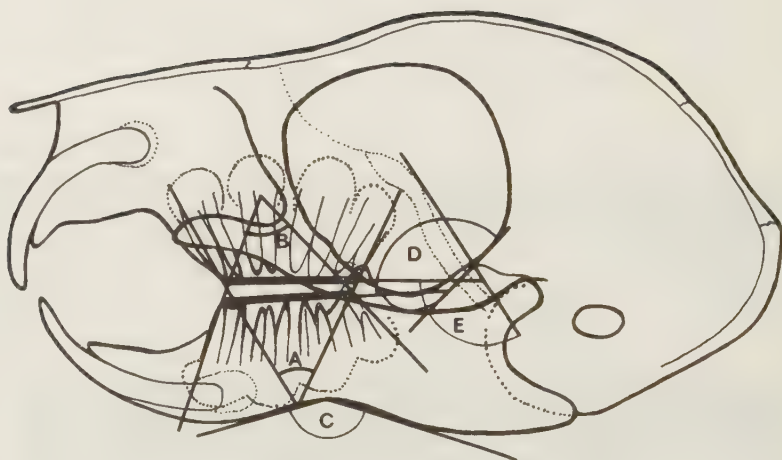


Abb. 4: Winkelbestimmungen am Schädel eines pränatalen Tieres; Bezeichnungen siehe Text.

In der Ansicht von rostral ist erkennbar, daß die Längsachsen der oberen Zähne PM 4, M 1, M 2 und M 3 nahezu gleichmäßig nach bukkal geneigt sind, so daß die *Facies masticatoria* eine echte Kau-"ebene" mit beim Ungeborenen schwacher Seitwärtsneigung ergeben. Lediglich der 3. Molar weicht zur Zeit der Geburt (d. h. in der Endphase des Durchbruchs) noch mit seiner Achsenrichtung von der der übrigen Seitenzähne etwas wangenwärts ab. Er bleibt mit seinen Höckerspitzen knapp unter dem Niveau der von ihnen gebildeten Okklusionsfläche. Diese Unebenheit geht nach Abschluß der Eruption verloren. Die sich mit fortschreitendem Alter versteilernde Schrägstellung der

Kauebene nach außen beruht auf dem bukkal stärkeren okklusalen Abrieb (Abb. 5).

An den unteren Backen- und Mahlzähnen läuft das Geschehen analog, jedoch nach der entgegengesetzten Seite ab. Infolge ihrer Lingualkipfung übertragen sie als Widerlager zu den Zahnreihen im Gegenkiefer den Kaudruck in axialer Richtung auf das Parodontium. Dadurch wird eine optimale physiologische Kraftverteilung möglich. Den im späten Fötalstadium nicht ganz durchgebrochenen M 3 charakterisiert eine deutlichere Medialorientierung; seine Höckerspitzen liegen etwas tiefer als die der mesial befindlichen Zähne (Abb. 3). Die nach lingual abschüssige Okklusalebene des Jungtieres erfährt darüberhinaus mit der Zeit eine abrasionsbedingte Abdachung auf der Innenseite (Abb. 6).

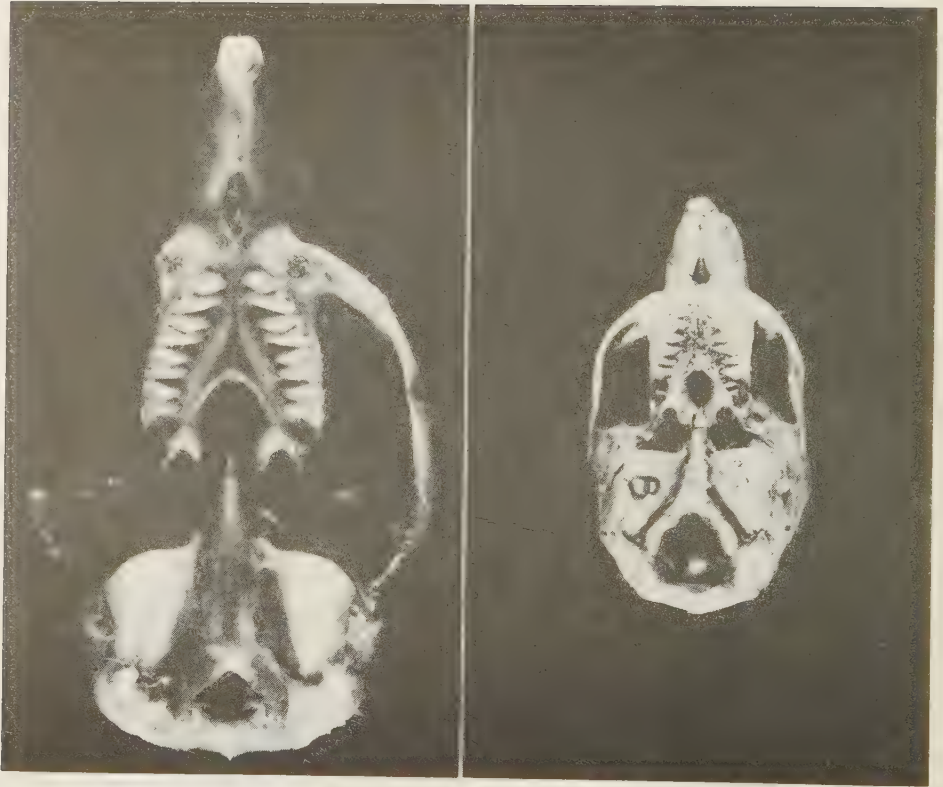


Abb. 5: Sicht auf die Okklusalfächen der Zahnreihen im Oberkiefer eines erwachsenen und eines pränatalen Tieres.

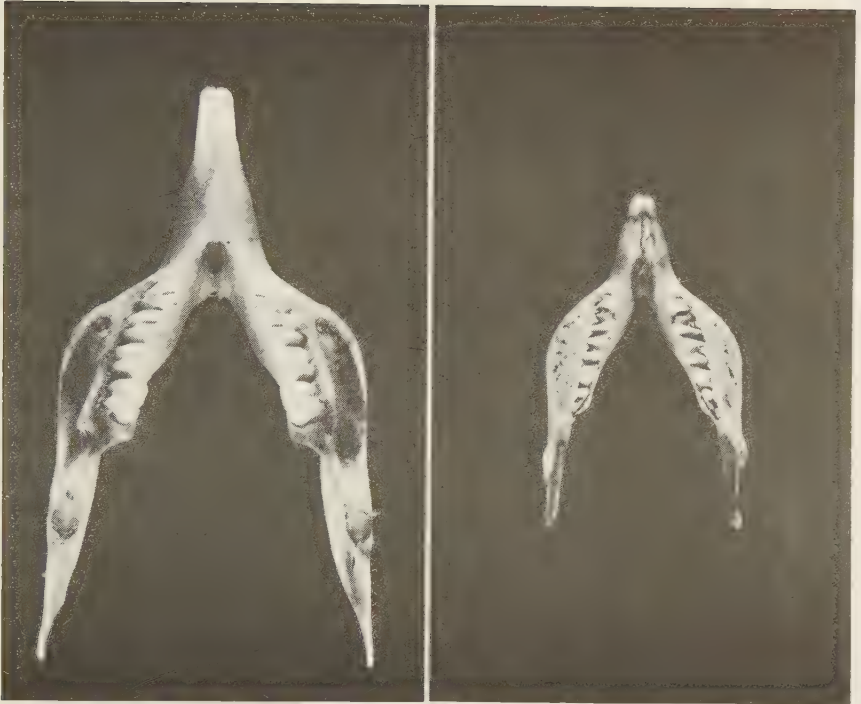


Abb. 6: Sicht auf die Okklusalfächen der Zahnreihen im Unterkiefer eines erwachsenen und eines pränatalen Tieres.

Beim Blick auf die Kauflächen stellt man fest, daß im Ober- und Unterkiefer die Zahnreihen von mesial nach distal auseinanderweichen. Der Grad der Divergenz ist im pränatalen wie im adulten Zustand gleich groß (Abb. 5 u. 6).

Die Incisivi bilden Abschnitte von Kreisbögen. Im Reifungsverlauf wächst der Krümmungsradius des oberen Schneidezahns (Abb. 7; c) von 7,3 auf 11,0 mm. Außerdem findet ein Aufrichten des Zahns mitsamt Alveole nach oben statt. Um die Okklusion mit dem Antagonisten aufrechtzuerhalten, verlängert er sich und nimmt einen größeren Abschnitt des Kreisbogens in Anspruch. Im Oberkiefer endet das Zahnfach des Incisivus direkt vor der Alveole des PM 4.

Am unteren Incisivus beobachtet man eine Verlängerung des Krümmungsradius (Abb. 7; d) von 9,0 auf 20,0 mm. Der Unterkieferschneidezahn weist also eine wesentlich ausgeprägtere Größenzunahme auf als dies auf den Antagonisten zutrifft. Dieser enorme Wachstumsschub geht mit einer Ausdehnung der Alveole nach kaudal einher. Das Wurzelende liegt im fötalen Alter lingual der Wurzel des PM 4, während beim ausgereiften Meerschweinchen die Wurzel lingual der Alveole des M 1 endet. Darüberhinaus erfolgt eine geringfügige Abkippung des I 1 nach vorne unten.

2. Der Oberkiefer

Der Oberkiefer wird vom Os maxillare und Os incisivum (Os praemaxillare) geformt. Das Corpus maxillae trägt die Seitenzähne; im Incisivum steckt der Schneidezahn. Am auffälligsten ist die Längensteigerung des Os incisivum. Damit verbunden ist der Zuwachs des Diastemas (Abb. 7; e) um nahezu 112 % von 9,0 auf 19,1 mm. Im Vergleich zur Länge der Okklusionsfläche der oberen Seitenzähne zeigen die genannten Meßwerte eine überproportionale entwicklungsbedingte Änderung an.

3. Der Unterkiefer

Das Kiefergelenk liegt beim Föten etwa in Höhe der Kau-ebene. Mit fortschreitendem Alter wandert es in rostoparietaler Richtung und überragt beim Erwachsenen deutlich das Niveau der Okklusionsebene. Die Mandibula folgt dieser Bewegung und kippt nach vorne oben (Abb. 1). Dadurch wird ihr vorderer Teil steiler eingestellt und die Zähne PM 4 bis M 2 richten sich - wie geschildert - in Bezug zur Oberkieferkauebene auf. Unterhalb des 2. Molaren knickt der hintere Abschnitt des Ventralrandes nach unten ab. Dort geht der Rand des Corpus in die Kontur des Kieferastes über. Während der Ontogenese wird an der betreffenden Stelle der kaudale Mandibulateil stärker nach ventral abgebogen. Den Vorgang kann man mit einem Winkel beschreiben, den die beiden Tangenten an der Unterkante von Corpus und Ramus bilden (Abb. 4; C). Er verkleinert sich von ca. 160° auf etwa 140° . Infolgedessen ändert sich zwar die Stellung des M 3 innerhalb der Mandibula, seine Längsachse behält jedoch ihre Orientierung bezogen auf die Okklusionsebene im Oberkiefer bei. Zusätzlich kommt es zu einer geringgradigen Absenkung der den Schneidezahn tragenden Kieferkörperpartie (Pars incisiva).

Die Länge des Unterkiefers - gemessen vom lingualen Aleolarrand des Incisivus bis zur Spitze des Processus angularis (Abb. 7; f) - nimmt um ungefähr 100 % von 26,7 auf 53,8 mm zu. Um etwa den gleichen Prozentsatz (106 %) verbreitert sich das Diastema (Abb. 6; g) von 7,2 auf 14,9 mm.

Von der Seite betrachtet imponiert das enorme Längenwachstum des Winkelfortsatzes nach kaudal. Eine Möglichkeit, diese Umgestaltung quantitativ wiederzugeben besteht darin, durch den vordersten Punkt der Einziehung zwischen den Processus angularis und coronoideus das Lot auf die für die Längenbestimmung der Mandibula herangezogene Strecke zu fällen. Die Distanz vom Schnittpunkt der angesprochenen Linien zur Fortsatzspitze (Abb. 7; h) erhöht sich von 5,1 auf 12,4 mm um 142 %, was gegenüber der Kauebene im Oberkiefer (Zuwachs 90 %) ein erheblich größeres Wachstum bedeutet.

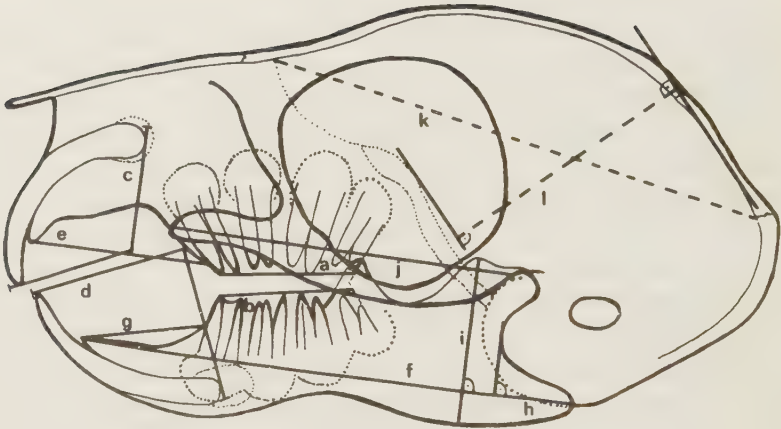


Abb. 7: Meßstrecken am Schädel eines pränatalen Tieres; Bezeichnungen siehe Text.

Folgendermaßen kann man die Höhenzunahme des Ramus bestimmen: Die Abmessung vom obersten Punkt des Gelenkköpfchens bis zum Unterrand der Mandibula wird senkrecht auf die als Unterkieferlänge deklarierte Strecke gestellt (Abb. 7; i). So gesehen wächst der Ramus von 8,2 auf 17,8 mm um beinahe 120 %, wozu insbesondere der Processus condylaris beiträgt. Letzterer kippt gleichzeitig nach vorne oben. Dementsprechend reduziert sich der Winkel, der von der Tangente am Vorderrand des Kieferastes und der Okklusionsebene der unteren Seitenzähne eingeschlossen wird (Abb. 4; D) von ca. 150 auf ungefähr 140°.

Trotz der überproportionalen Vergrößerung des aufsteigenden Astes steht sein Ventralrand beim Adulten in Relation zur Referenzlinie der oberen Seitenzähne höher als vor der Geburt.

4. Der Jochbogen

Der Arcus zygomaticus beginnt rostral mit zwei Knochen-
spangen, die sich kaudalwärts vereinigen. Die untere wird vom
Processus zygomaticus, die obere vom Processus facialis der
Maxilla gestaltet. Dem Gesichtsfortsatz lagert sich von hinten
das Os lacrimale an und verstärkt somit die obere Spange. Über
das Tränenbein gewinnt der Jochbogen eine zusätzliche Abstüt-
zung am Maxillarkörper. Das Jochbein stellt die Verbindung
zwischen Maxilla und dem Processus zygomaticus des Schläfen-
beins her. Auf ihrer Unterseite formt die kaudale Jochbogen-
wurzel die sagittal verlaufende rinnenartige Gelenkpfanne.

Die Länge des Arcus zygomaticus - definiert vom Vorder-
rand der ventralen Knochenspange bis zum tiefsten Punkt am
Hinterrand der Gelenkpfanne (Abb. 7; j) - beträgt im pränat-
alen Spätstadium 17,4 mm, am reifen Meerschweinchen 31,5 mm.
Ihre Steigerungsrate von ca. 81 % bleibt um rund 9 % hinter
dem Längenzuwachs der Kauebene im Oberkiefer (90 %) zurück.

Im vorderen Drittel des Jochbogens ist das Entwicklungs-
geschehen durch die Verlagerung der oberen Knochenspange nach
rostroventral um die Breite des PM 4 gekennzeichnet. Gegenüber
der Okklusionsebene zeigt das mittlere Drittel ein konservati-
ves Verhalten. In beiden Altersstufen schneidet die Tangente
an seiner Unterkante die Referenzlinie der Oberkieferseiten-
zähne in einem nach vorne oben offenen Winkel von etwa 45°
(Abb. 1). Der kaudale Abschnitt des Arcus zygomaticus wird
stark nach oben und vorne abgebogen. Dadurch kommt es - wie
bereits erläutert - zur Anhebung der Gelenkpfanne über das
Niveau der Kauebene hinaus.

5. Das Neurokranium

Während des Reifeprozesses bewegt sich der Clivus um eine durch seinen vordersten Punkt ziehende transversale Achse scheidelwärts, wobei zusätzlich seine kyphotische Krümmung ausgeglichen wird. Mit der Kauebene im Oberkiefer bildet die an seiner Innenfläche angelegte Tangente beim Foetus einen Winkel von etwa 125° , beim Erwachsenen von rund 145° (Abb. 4; E). Diesen Kippvorgang begleiten der Processus pterygoideus und die Lamina perpendicularis ossis palatini durch eine entsprechende Lageänderung. Die Aufbiegung des Clivus ist verknüpft mit einer stärkeren Ausrichtung des Planum nuchale, der Condyli occipitales sowie des Foramen magnum nach kaudal. Zugleich werden die Bulla tympani, die Squama ossis temporalis und damit die Gelenkpfanne parietalwärts angehoben. Verbunden sind die genannten Umgestaltungen mit einer beträchtlichen Abflachung der Schädeldachwölbung.

In der Lateralansicht fällt die deutlich unterproportionale Größenzunahme der Hirnkapsel gegenüber der Kauebenenlänge auf. Die sagittale Innenabmessung des Neurokraniums - ermittelt in der Medianen von der Siebbeinplatte über dem 2. Molaren bis zur Sutura occipito-(inter)parietalis (Abb. 7; k) - beträgt vor der Geburt 24,8 mm. Bis zum Abschluß der Entwicklung vergrößert sie sich um fast 34 % auf 33,1 mm. Legt man - ebenfalls in der Medianen - von innen her eine Tangente an das Schädeldach, die parallel zur Clivussteigung eingestellt ist, so kann man den Abstand der beiden Geraden als Maß für die maximale Höhe der Hirnkapsel verwenden (Abb. 7; l). Für diese ergibt sich ein Zuwachs von 10,9 auf 13,3 mm um 22 %, der erheblich von dem in der Länge übertroffen wird. Daraus resultiert die beim Adulten schlankere Form des Neurokraniums.

II. Der Masseter - Temporalis-Komplex beim adulten Tier

1. Musculus masseter

Der Masseter ist ein kräftig entwickelter Muskel von rund 50 mm Länge und 17 mm Breite.

a) Das Ursprungsgebiet

Das knöcherne Ursprungsareal erstreckt sich über die gesamte Länge des Jochbogens sowie über die laterale Wand des rostralen Abschnitts des Corpus maxillae und des davor angrenzenden Teils des Os incisivum. Der kräftige Jochbogen läßt weit nach lateral aus. Seine beiden vorderen Knochenspangen bilden das Dach, die seitliche Wand und den Boden des sehr weiten Canalis infraorbitalis. Über die Wurzel des Processus zygomaticus maxillae zieht der großkalibrige Nervus infraorbitalis mit seinen Begleitgefäßen im Sulcus infraorbitalis. Auf der Unterfläche des Kanalbodens findet sich ein Grübchen von etwa 3 mm Durchmesser (Fossula masseterica). Im mittleren Drittel läuft der Unterrand des Arcus zygomaticus in einer dünnen, scharfkantigen, leicht nach medial eingebogenen Knochenlamelle aus. Die Jochbogenaußenseite kennzeichnet eine schwach ausgeprägte Crista, die kaudalwärts leicht ansteigt. Der auf dem Corpus maxillae und dem rostral anschließenden, kleinen Abschnitt des Os incisivum liegende Ursprungsbezirk wird nach oben, vorne und unten von einer sichelförmigen Knochenleiste begrenzt, deren Schenkel in die obere und untere Spange des Jochbogens einstrahlen (Abb. 8).

Die in der Fossula masseterica befestigten Fasern ergeben den überwiegenden Teil der Ursprungsaponeurose A I. Dort wird auf engstem Raum das Sehnenblatt nach medial und hinten eingeschlagen. Der nicht eingerollte Teil des Sehnenblattes (A Ia) ist durch eine deutliche Einkerbung unvollständig von der eingerollten Portion (A Ib) getrennt. Die kräftige A Ia bedeckt den Masseter in seiner rostralen Hälfte. Ihre Fasern divergieren zum Processus angularis hin. Das Gesamtbild gleicht so dem eines ungleichschenkligen Dreiecks, dessen Winkelhalbierende

mit der Oberkieferkauebene einen 30° großen Winkel einschließt. Am längsten und am stärksten sind die aus der Fossa masseterica kommenden Fasern des A Ia. Ihnen lagert sich von oben eine etwas schwächer ausgeprägte Partie an, die im Bereich der rostralen 2 Drittel der Jochbogenaußenfläche an der dort befindlichen Crista fixiert ist. Die Grenze zwischen beiden Portionen wird regelmäßig durch eine von vorne oben nach hinten unten ziehende Furche markiert. Eine weitere solche Rinne erkennt man parallel dazu im Abstand von etwa 6 mm ventralwärts. Ihnen entsprechen auf der Innenseite der Aponeurose 2 gut sichtbare Kiele, die senkrecht zur Oberflächen stehen und eine kurze Strecke in den Muskel hineinragen.

Sehr kompliziert ist der nach medial eingeschlagene Teil der A I gebaut. In Höhe des rostralen Endes der Crista lateralis des Unterkiefers wird die Sehne von einem Sesamknorpel unterlagert. Dieser ist linsenförmig und weist einen Durchmesser von 3 bis 4 mm auf. Er bildet mit der Crista lateralis, die als Hypomochlion dient, ein "Sehnengelenk". Hier erfahren die Fasern eine stärkere Ablenkung nach hinten. Kaudal des Knorpels spaltet sich die Sehne A Ib der Fläche nach in 2 Lamellen. Die oberflächlichere ist lang und schmal. Sie reicht mit ihrem Hinterende bis unter den Mandibularand am Anfang des Winkelfortsatzes. Die tiefere Lamelle hingegen ist kürzer, breiter und kräftiger. Sie legt sich um den mittleren Abschnitt der Incisura praeangularis und gelangt dann auf die Medialseite des Unterkiefers. Demzufolge besitzt sie eine steilere Verlaufsrichtung. Die Hinterränder beider Lamellen sind an der Außenfläche des Corpus mandibulae angeheftet.

Der A Ib schließt sich kaudalwärts übergangslos das Sehnenblatt A III an. Der Ursprungsbezirk der A III wird fast von der gesamten Jochbogenunterkante gestellt. So reicht die Sehne nicht ganz bis zum Kiefergelenk. Ihr gegen den Ansatz weisender freier Rand verläuft annähernd waagrecht. Infolge der nach unten konvexen Krümmung des Arcus zygomaticus sind die mittleren Fasern am kürzesten, die rostralen und kaudalen entsprechend länger. Gleichzeitig nimmt der Steilheitsgrad von vorne nach hinten zu.

Eine weitere kurze zierliche Ursprungsaponeurose ist an der auf der Außenseite des Maxillarkörpers sowie des Os incisivum befindlichen, sichelförmigen Knochenleiste befestigt (A V). Ihre Fasern sind nach hinten zum Foramen infraorbitale hin orientiert, wobei sie konvergieren.

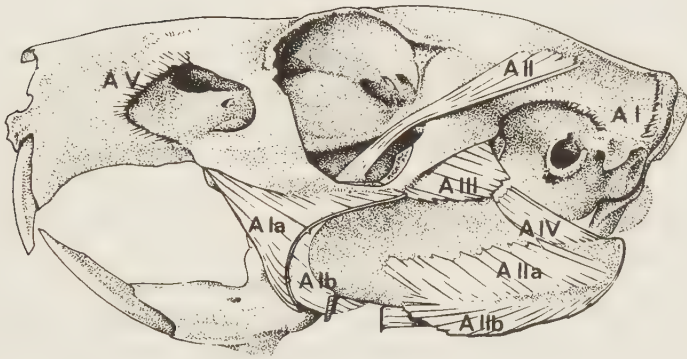


Abb. 8: Ansicht des knöchernen Schädels mit dem Sehnenskelett der Mm. masseter und temporalis; Bezeichnungen siehe Text. Zur besseren Darstellung der tieferen Sehnen wurde ein Teil des Jochbogens entfernt, die A Ia gekürzt und die oberflächlichere Lamelle der A Ib unterbrochen. Die Ansatzaponeurose VI ist nicht sichtbar.

b) Das Ansatzgebiet

Das knöcherne Ansatzgebiet des Masseters ist recht ausgedehnt. Es umfaßt die kaudalen 2 Drittel der Lateralfläche der Mandibula und greift erheblich auf die Medialseite über.

Auf der Außenseite des Unterkiefers tritt eine mächtige Knochenverstärkung (Crista lateralis) in Erscheinung (Abb. 6). Die Crista lateralis beginnt am Gelenkköpfchen, als ein sich allmählich verstärkender Wulst, der in einem nach ventrokaudal konvexen Bogen nach unten und vorne verläuft. Rostralwärts setzt sie sich in Gestalt eines kräftigen, sagittal eingestellten Knochenkammes fort, der sich auf dem Corpus mandibulae abstützt und die laterale Wand einer tiefen Knochenrinne bildet.

Die mediale Begrenzung der Furche wird vom Processus alveolaris bereitgestellt. Über den Alveolarfortsatz zieht - in Höhe des M 1 beginnend - von vorne unten nach hinten oben die Linea obliqua, die am M 3 in die Vorderkante des Processus coronoideus übergeht. Der Kronenfortsatz besteht aus einem dünnen Knochenblättchen, das leicht nach lateral abgewinkelt ist und mit seiner Spitze etwas unter dem Niveau des Processus condylaris bleibt. Am Boden der Rinne findet sich eine individuell wechselnde Zahl von Grübchen. Die vorderste dieser Einsenkungen liegt in Höhe des M 1, ist stets vorhanden und besonders deutlich ausgeprägt. Nach kaudal öffnet sich die Knochenrinne in die markante Fossa masseterica. Letztere endet hinten und unten an der Crista lateralis, oben wird die Incisura mandibulae zu ihrem Rand. Auch das Areal des Kieferastes unterhalb der Crista lateralis zusammen mit dem Processus angularis ist vollständig von Muskelfasern besetzt. Den Unter- rand des Winkelfortsatzes kennzeichnet eine scharfe Abknickung nach medial, die auf der Außenseite eine niedrige Knochenleiste hervorruft (Crista masseterica).

Im Bereich der Incisura praeangularis sowie des Processus angularis dehnt sich das Ansatzgebiet auf die Innenfläche der Mandibula aus. Es gleicht vorne einer dreiseitigen Grube, die

rostralwärts durch die Linea mylohyoidea und unten durch die Einbiegung der Winkelfortsatzkante begrenzt wird. Die dritte Seite ist durch eine Linie gegeben, die von der nach medial weisenden Fläche des Processus condylaris nach hinten unten bis zum kaudalen Ende der Incisura praeangularis verläuft. Ergänzt wird das Ansatzgebiet von dem einwärtsgebogenen scharfen Winkelfortsatzrand (Abb. 3).

Die flächenmäßig größte Ansatzaponeurose des Masseters stellt die A IIa dar, die an der Crista masseterica angeheftet ist. Der Länge dieser flachen Leiste entspricht auch die sagittale Abmessung des Sehnenblattes, das rostral unter der Vorderkante des Ramus beginnt und fast bis zur Spitze des Processus angularis reicht. Bei etwa gleichbleibender Faserlänge und annähernder Parallelität weist der Sehnenverlauf einen konstanten Steilheitsgrad von ca. 55° gegenüber der Kauebene im Oberkiefer auf.

An ihrem Vorderende geht die A IIa nahtlos in die A IIb über. Von dort zieht die Anheftungslinie der A IIb entlang des Winkelfortsatzrandes nach hinten bis zur Spitze. Die Fasern der A IIb zeigen nach vorne außen und ergeben eine nahezu senkrecht auf die Mandibulaaußenseite stehende Fläche, die kaudalwärts der Biegung des Unterrandes folgend bis zum Fortsatzende mehr und mehr ansteigt. Im Mittelstück findet man die längsten und stärksten Fasern vor. Während sie nach hinten kontinuierlich kürzer und schwächer werden, reduziert sich in der anterioren Partie die Länge wesentlich rapider. So entsteht eine seichte Nische, die nach vorne, lateral und oben offen ist. Im rostralen Abschnitt hat die A IIb auf ihrer Unterseite eine in Schädellängsrichtung orientierte Rinne. In diese Furche ragt von unten her senkrecht die Oberkante der oberflächlicheren Lamelle der A Ib hinein (Abb. 8).

Die starke Einziehung zwischen der Spitze des Processus angularis und dem Gelenkfortsatz wird durch einen kleinen sagittal eingestellten Sehnen Spiegel (A IV) teilweise ausgefüllt, der vom Oberrand des Winkelfortsatzes ausgeht und in rostrrodorsaler Richtung zur Ramushinterkante gelangt. Diese

erreichen aber nur seine vordersten und zugleich kürzesten Fasern, während die hinteren, längeren frei enden. Alle Fasern liegen zueinander parallel und schneiden die Oberkieferkauebene in einem 45° -Winkel. Mit dem Sehnenblatt entsteht eine Trennwand zwischen den kaudalen Masseteranteilen und dem Musculus pterygoideus medialis.

Eine weitere Ansatzsehne (A VI) ist in dem Grübchen fixiert, das in Höhe des M 1 am Boden jener großen Knochenrinne lokalisiert ist, welche an der Außenfläche des Mandibularkörpers liegt. Die A VI beginnt als kräftiges Sehnenbündel mit ovalem Querschnitt. Nach dorsal verbreitert sie sich etwas. Ihre abgeplatteten Seiten weisen nach rostral und kaudal. Sie zieht senkrecht zur Kauebene nach oben bis zum Hinterrand der unteren Knochenspange des Jochbogens, wo sie in ihrem Endabschnitt eine geringfügige Ablenkung nach rostral erfährt. Die Rückseite des Processus zygomaticus maxillae ist als gerundete Gleitschiene ausgebildet und dient als Hypomochlion (Abb. 14)

c) Die Fiederschichten

Im Oberflächenbild kennzeichnet den Musculus masseter eine stark nach lateral und unten ausgebauchte Form. Bei Betrachtung von der Seite stechen die mehrheitlich fast horizontal eingestellten Muskelfasern hervor, die angularwärts ziehen und dabei im kaudalen Abschnitt aufeinander zulaufen. Das Konvergenzverhalten wird besonders betont einerseits durch die sich von unten her anlegende, um die Mandibulakante stülpende Muskelportion, andererseits durch die steil abfallenden Fasern einer tieferen Schicht, die in der hinteren oberen Masseter-Region an die Oberfläche treten.

Fiederschicht 1

Alle Fasern, die von der Ursprungsaponeurose I ausgehen, bilden die FS 1. Entsprechend dieser Definition läßt sich die FS 1 in einen großen, flächendeckenden Anteil (FS 1a) untergliedern, der von der Innenfläche der A Ia herkommt sowie in eine ventrale Muskelpartie, die als "pars reflexa" (FS 1b)

ihren Ausgang von den beiden Lamellen der nach medial eingeschlagenen A Ib nimmt.

Von den an der A Ia entspringenden Muskelfasern ziehen die obersten zur Lateralfläche der A IIa, die mittleren zu dem darunter befindlichen Knochenstreifen, der sich zwischen den Anheftungslinien der Ansatzaponeurose II bis zur Spitze des Processus angularis ausdehnt. Die untersten gelangen zu der nach dorsal gerichteten Seite der A IIb. Die am weitesten kaudal an der Ursprungssehne befestigten Muskelbündel sind am längsten und treffen in einem spitzeren Winkel auf ihr Ansatzgebiet, wogegen die rostraleren kürzer sind und eine stärkere Medialkomponente besitzen. Insgesamt weist die Muskellage eine geringe Neigung gegenüber der Referenzlinie der oberen Seitenzähne auf. Von rostral nach kaudal nimmt jedoch der Steilheitsgrad zu, ebenso von außen nach innen (Abb. 9).

Die FS 1b verkörpert die vordere und untere Portion des Masseters. Innerhalb dieser Fiederschicht kann man zwischen 2 Partien differenzieren, die von verschiedenen Sehnenblättern der A Ib kommen. So entspringen Muskelbündel von der oberflächlicheren, langsam nach hinten absteigenden dünnen Lamelle. Während letztere sagittal orientiert ist, weicht der Unterkiefer kaudalwärts nach lateral ab. Dadurch unterkreuzt besagtes Sehnenblatt geringfügig mit seinem Hinterende die Mandibula am Anfang des Winkelfortsatzes. Die an ihm fixierten Fasern stellen den kaudalen Teil der FS 1b. Denjenigen Muskelbündeln, welche von der Außenseite des platten Sehnenstranges ihren Ausgang nehmen, ist ein nach ventrolateral konvexer, hinten oben gerichteter Verlauf zu eigen. Sie inserieren an der Unterfläche der Partie der A IIb, die seitlich der beschriebenen Rinne liegt. Bemerkenswert ist, daß Ursprungs- und Ansatzfläche senkrecht aufeinander stehen. Das führt dazu, daß die Muskelfasern leicht gegeneinander verdrillt sind (Abb.10). Von der Innenseite des oberflächlicheren Blattes der A Ib ausgehende Bündel haben eine zu den eben geschilderten nahezu symmetrische räumliche Anordnung. Die tieferen beanspruchen die Unterseite der A IIb medial erläuteter Rinne als Ansatzbezirk. Die oberflächlicheren erreichen den Rand des Ramus

bzw. des Processus angularis. Da diese Knochenkante nach innen eingeschlagen ist, müssen die Fasern einen entsprechend gebogenen Verlauf nehmen und gelangen von oben her zu ihrem Ansatz. So entsteht medial der Mandibula ein Muskelwulst, der sich von innen dem Pterygoideus medialis auflagert ohne jedoch weiteres Insertionsareal auf der Medialfläche des Winkelfortsatzes zu vereinnahmen (Abb. 11). Die Faszien der kaudalen Portion der FS 1b und des inneren Flügelmuskels sind ansatznahe miteinander verwachsen, jedoch konnte eine Durchflechtung von Fasern beider Muskeln nicht beobachtet werden.



Abb. 9: M. masseter, Aponeurosen Ia (gekürzt) und II mit Muskelbündeln der Fiederschicht I a (schwarze und punktierte breite Bänder).



Abb. 10: M. masseter, Aponeurosen Ia (nahezu entfernt), Ib (oberflächlichere Lamelle), III und II mit Muskelbündeln der Fiederschichten 1b (hintere, oberflächlichere Portion) und 2, die durch schwarze und punktierte breite Bänder dargestellt werden.

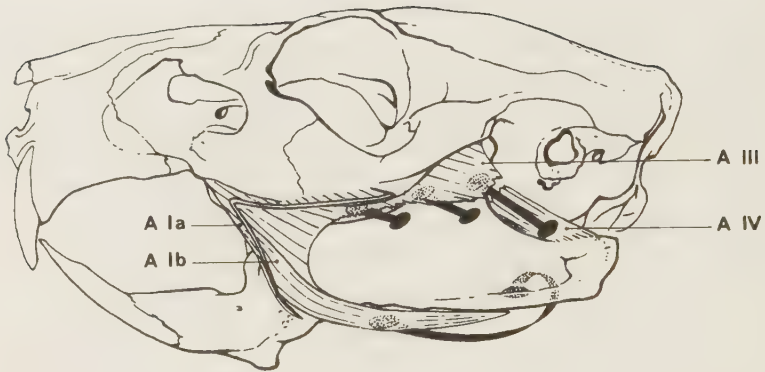


Abb. 11: M. masseter, Aponeurosen Ia (nahezu entfernt), Ib (oberflächlichere Lamelle), III und IV mit Muskelbündeln der Fiederschichten 1b (hintere, tiefere Portion) und 3, die durch schwarze und punktierte breite Bänder dargestellt werden.

In der vorderen Portion der FS 1b sind all jene Muskelbündel zusammengefaßt, die von dem tieferen Sehnenblatt der A Ib entspringen. Seine gesamte Lateralseite dient der Faseranheftung. Demgegenüber bleibt die Innenfläche frei von Muskelbesatz. Der rostrale Teil der FS 1b unterkreuzt die Mitte der Incisura praeangularis, steigt innen am Ramus empor und inseriert "fleischig" in einem ausgedehnten Knochenareal auf der Medialseite des Unterkiefers. Dieses Gebiet erstreckt sich weit nach oben bis an die Ansatzstelle des Musculus pterygoideus lateralis, knapp unter dem Processus condylaris. Nach hinten bestehen räumliche Beziehungen zum Pterygoideus media-

lis, nach vorne zum Mylohyoideus. Die vom freien Sehnenrand kommenden Fasern sind die kürzesten, an ursprungsnäheren Punkten befestigte hingegen sind länger und reichen höher am Kieferast hinauf (Abb. 12).

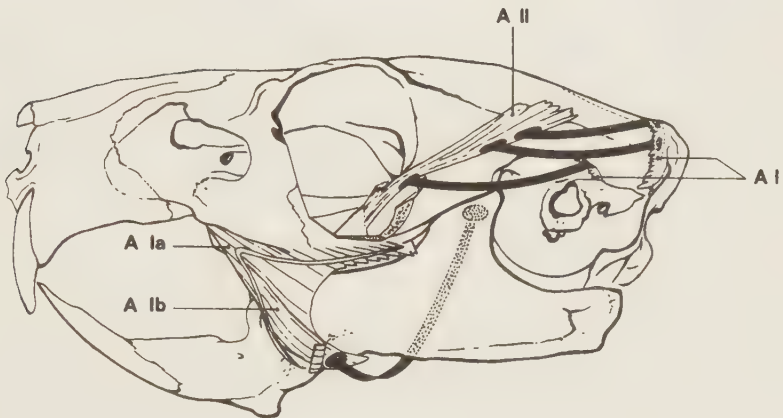


Abb. 12: M. masseter, Aponeurosen Ia (nahezu entfernt), Ib (oberflächlichere Lamelle größtenteils abgeschnitten), III (hintere Partie entfernt) mit Muskelbündeln der Fiederschicht 1b (vordere Portion).

M. temporalis, Aponeurosen I und II mit Muskelbündeln der Fiederschicht 1. Zur besseren Darstellung wurde ein Teil des Jochbogens entfernt.

Die schwarzen und punktierten breiten Bänder repräsentieren Faserbündel der betreffenden Fiederschichten.

Fiederschicht 2

Als Fiederschicht sei diejenige Muskelpartie definiert, deren Fasern an der Lateralfläche der Ursprungsaponeurose III fixiert sind und zur medialen Seite der A IIa und einem nach oben anschließenden Knochenbezirk ziehen. Sie stellt eine einfache Muskelplatte dar mit von vorne oben nach hinten unten gerichtetem Verlauf. Allerdings sind die kaudalen Bündel stärker geneigt als die rostralen (Abb. 10). Die beiden Fiederschichten 1a und 2 scheidet die Ansatzaponeurose IIa nur unvollständig. Über deren freien Rändern schmiegen sich die Muskellagen eng aneinander. Es ist weder ein Bindegewebsseptum vorhanden, noch tritt eine abrupte Änderung der Faserverlaufsrichtung ein. In der hinteren oberen Masseterregion beteiligt sich die FS 2 an der Oberflächengestaltung des Kaumuskels und bleibt hier von der FS 1a unbedeckt.

Fiederschicht 3

An der Innenseite der A III entspringen die Fasern der FS 3 und gelangen - ebenfalls in kaudovertraler Orientierung - auf die Außenfläche der Crista lateralis, des Kieferastes sowie die dahinter folgende A IV. Eine kaudalwärts zunehmende Versteilerung des Verlaufs prägt auch die FS 3 (Abb. 11). Verglichen mit der oberflächlicheren FS 2 sind ihre Muskelbündel nur halb so lang; sie breitet sich über ein bedeutend kleineres Areal aus und wirkt zierlich. Mit Ausnahme des dorsalen Bereiches, in dem sich die A III zwischen die beiden Portionen schiebt, sind die Fiederschichten 2 und 3 aufgrund ihrer engen räumlichen Beziehung präparatorisch schwer gegeneinander abgrenzbar.

Fiederschicht 4

Durch einen komplizierteren Aufbau ist die medial anschließende kräftige Fiederschicht 4 charakterisiert. Zu ihr sollen alle Fasern gerechnet werden, die von der Jochbogeninnenfläche kommen. Als Ansatzgebiet dienen Boden und Wände der lateral des Mandibulakörpers befindlichen Knochenrinne

einschließlich der Außenseite des Kronenfortsatzes. Dabei markiert die erläuterte, in dessen Vorderkante einstrahlende *Linea obliqua* die dorsale Grenze des Anheftungsbezirktes (Abb. 13).

In der Seitenansicht steigen die vordersten Fasern annähernd senkrecht zum Unterkiefer ab, die hinteren verlieren immer mehr an Neigung bis sie nahezu parallel zur Oberkieferokklusionsebene eingestellt sind. Vorder- und Hinterrand der Portion schließen einen nach oben offenen Winkel von fast 90° ein.

Bei frontaler Betrachtung ist erkennbar, daß die Muskelbündel der FS 4 zum Ansatz hin fächerförmig divergieren. Die unten am Jochbogen entspringenden fallen steiler ab und ziehen zur lateralen Wand der Knochenrinne, wogegen die vom Oberrand des *Arcus zygomaticus* ausgehenden eine stärker einwärts tendierende Orientierung aufweisen und an der medialen Wand enden. Von vorn nach hinten steigt das Insertionsgebiet an der Mandibel an. Gleichzeitig schwenkt der Jochbogen nach außen und unten. Dadurch kommt eine entsprechende Außentorsion des Muskelkörpers zustande.

Aus der Perspektive von oben bietet der Masseterteil das Bild einer nach außen konvexen Platte.

Räumliche Beziehungen bestehen nach lateral zur FS 3, nach vorne zur Ansatzsehne der FS 5, nach medial zur Periorbita und nach oben zum Temporalis. Die Trennung der Fiederschichten 3 und 4 ist präparatorisch angesichts der abrupten Änderung der Verlaufsrichtung leicht durchführbar. Der Rückseite der A VI liegen die vordersten Fasern der FS 4 an. Unten lateral schmiegt sich die Muskelpartie der Periorbita an. Ihre hintersten Bündel erreichen die Spitze des *Processus coronioideus* und nehmen Kontakt mit dem Temporalis auf.



Abb. 13: M. masseter, Muskelbündel der Fiederschicht 4 (schwarze und punktierte breite Bänder). Zur besseren Darstellung wurde ein Teil des Jochbogens entfernt.

Fiederschicht 5

Die FS 5 geht von der Unterfläche des Processus facialis maxillae, dem rostralen Abschnitt des Oberkieferkörpers, dem Os incisivum sowie dem dort befestigten Sehnenblatt A V aus. Zwischen dem Ursprungsareal dieser Masseterportion und dem der FS 4 existiert im Bereich der oberen Knochenspange ein fließender Übergang. Ansatzwärts konvergieren die Fasern sehr stark. Sie ziehen zunächst beinahe horizontal nach kaudal durch den Canalis infraorbitalis, biegen dann etwa recht-

winklig nach unten ab und benützen die Rückseite der A VI zur Insertion. Im Gegensatz dazu bleibt die nach rostral zeigende Seite des platten Sehnenstranges ohne Muskelbesatz (Abb. 14).

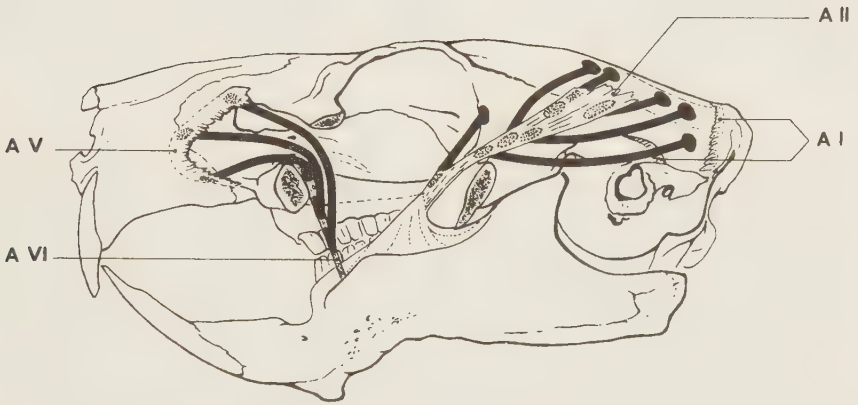


Abb. 14: M. masseter, Aponeurosen V und VI mit Muskelbündeln der Fiederschicht 5. M. temporalis, Aponeurosen I und II mit Muskelbündeln der Fiederschicht 2. Die schwarzen und punktierten breiten Bänder repräsentieren Faserbündel der betreffenden Fiederschichten. Zur besseren Darstellung wurde der Jochbogen bis auf seine Wurzeln entfernt.

Für die FS 5 erfüllt die abgerundete Hinterkante der ventralen Knochenspange die Funktion eines Hypomochliums. Infolgedessen steht die wirksame Endstrecke der Muskelportion in etwa vertikal zur Kauebene der oberen Seitenzähne. Dem randnahen Anteil der Ursprungsregion sind die oberflächlichen,

langen Fasern zuzuordnen. Vom Zentrum nehmen die tiefen, kurzen ihren Ausgang.

2. Musculus temporalis

Verglichen mit dem Masseter ist der Musculus temporalis wesentlich einfacher gebaut. Er wirkt sehr flach, wenig voluminös und schlank. In seinem Verlauf von der parietalen Ausbreitungsgrenze bis zum Processus coronoideus erreicht er eine Länge von etwa 36 mm; die maximale Breitenabmessung beträgt nur rund 12 mm.

a) Das Ursprungsgebiet

Das Ursprungsgebiet des Schläfenmuskels stellen größtenteils das Os parietale und Os interparietale zur Verfügung, die bereits 2 bis 3 Monate nach der Geburt zu einer einheitlichen Platte verschmelzen. Außerdem sind die Pars squamosa und die Facies orbitalis des Os temporale beteiligt.

Die seichte Fossa temporalis hat in etwa die Form einer Ellipse. Sie wird nach hinten von der Sutura occipito - (inter) parietalis begrenzt, nach oben von der niedrigen Crista sagittalis, die nur im Bereich des ehemaligen Os interparietale ausgebildet ist. Vom vordersten Punkt des Knochenkammes zieht die Linea temporalis in leicht geschwungenem Bogen zum Hinterende der Margo supraorbitalis. Die Unterkante der Squama übernimmt die ventrale Begrenzung der Schläfengrube (Abb. 8).

Zwischen der Dorsalfläche der hinteren Jochbogenwurzel und der Margo supraorbitalis biegt die Schläfenbeinschuppe nach medial um und gestaltet als dreieckige Facies orbitalis die Augenhöhlenhinterwand. Der Übergang ist ausgekehlt und fungiert als Gleitschiene. Er stellt den lateralen Schenkel des gleichseitigen Dreiecks der Facies orbitalis dar. Den medialen verkörpert eine Knochenleiste an der Naht zwischen Squama und Os frontale. Nach unten wird die Fläche von einer Kante abgeschlossen, die in Verlängerung des Jochbogenober-

randes vom Kiefergelenk zur Lamina perpendicularis des Os palatinum gelangt.

Dort wo die Fascia temporalis an der Crista sagittalis, an der Sutura occipito-(inter)parietalis und am Unterrand der Squama befestigt ist, kann man an ihr auf einer individuell wechselnden Strecke eine aponeurotische Umwandlung beobachten. Regelmäßig fällt diese über dem Porus accusticus externus am deutlichsten aus; nach oben hin nimmt das Ausmaß der sehnigen Umbildung kontinuierlich ab (A I).

b) Das Ansatzgebiet

Die Ansatzregion beschränkt sich auf die Aponeurose II. Die Anheftungslinie des Sehnenblattes läuft über die Lateral- seite des Processus coronoideus und greift - über die Vorder- kante des Fortsatzes hinweg - auf die Medialfläche über. Auf diese Weise entsteht rostral eine kurze, nach hinten und oben offene Tasche, die gegen die Facies orbitalis der Schläfen- beinschuppe gerichtet ist (Abb. 12). Der wesentlich längere Hauptteil der Sehne folgt der Wölbung des Schädeldaches. Sein Endpunkt liegt oberhalb des Porus accusticus externus. Er wirkt sehr schlank, da seine Fasern nur wenig divergieren. Der kaudale Abschnitt der A II weist eine nur geringfügig stärkere Neigung als die Kauebene auf. In der zwischen der hinteren Wurzel des Arcus zygomaticus und der Margo supraorbitalis befindlichen Gleitschiene erfolgt eine Ablenkung der Sehne, so daß deren orbitales Teilstück etwas steiler eingestellt ist (Abb. 8).

c) Fiederschichten

Fiederschicht 1

Zur Fiederschicht 1 des Musculus temporalis sollen dieje- nigen Fasern gezählt werden, die von dem sehnig umgebauten Teil der Faszie entspringen und an den randnahen Partien der Außenfläche der Ansatzsehne angeheftet sind (Abb. 12). Es handelt sich um eine äußerst schwach ausgeprägte Muskellage.

Daher bleibt die A II weitgehend unbedeckt und tritt nahezu vollständig im Oberflächenbild in Erscheinung.

Fiederschicht 2

Die FS 2 geht "fleischig" aus dem knöchernen Ursprungsareal hervor und inseriert auf der Innenseite der Ansatzaponeurose (Abb. 14).

Die hintere, größere Portion der Muskellage kommt vom Schädeldach. Ihre den Unterrand des Schläfenmuskels gestaltenden Fasern verlaufen in einem nach ventrolateral konvexen Bogen und treffen fast horizontal auf die AII. Demgegenüber beschreiben die oberen Fasern eine rostroparietalwärts ausgebauchte Krümmung und ziehen darum wesentlich steiler zur Sehne.

Der vordere Anteil schließt sich kontinuierlich an und nimmt von der Facies orbitalis des Os temporale seinen Ausgang. Seine Muskelbündel konvergieren erheblich und besetzen die Innenwand des Sehnentrichters. Somit wird der Boden dieser Tasche zur Spitze einer Pyramide, deren Basis die dreieckige Orbitahinterwand darstellt.

In Bezug zur Okklusionsebene der oberen Seitenzähne ist die kaudale Partie des Temporalis ziemlich flach, die rostrale etwas schräger angeordnet. Im Bereich des Schädeldaches scheidet die Ansatzaponeurose die Fiederschichten 1 und 2 nur sehr unvollständig. Ihre Verlaufsrichtungen sind identisch.

Nach unten besitzt die orbitale Portion der FS 2 eine enge räumliche Beziehung zum Pterygoideus lateralis. Medial ist der Musculus buccinator benachbart. Die Fasern gehen zwischen dem Unterrand der Temporalissehne und dem Processus zygomaticus des Schläfenbeins nahtlos in die kaudale Muskellage der FS 4 des Masseters über.

3. Innervation

Kurz nach dem Austritt aus dem Foramen ovale zweigt der Nervus temporalis profundus posterior vom Nervus masseterico-temporalis ab (Abb. 15). Er verläuft nahe des seitlichen Schädeldaches in der tiefen Temporalisschicht nach hinten oben. Als nächstes wird vom Stamm ein kräftiger Ast abgegeben, der die FS 4 des Masseters durchbohrt und rostralwärts zur FS 5 gelangt. Einige kurze schwache Äste folgen, die sich in der Fiederschicht 3 und 4 aufteilen. Der Nervus massetericus gabelt sich in 2 kräftige Endäste. Einer zieht schräg nach hinten unten und innerviert die Fiederschicht 2; der andere ist nach vorne unten gerichtet und für die oberflächlichste Schicht (FS 1) des Muskels zuständig.



Abb. 15: Nervus massetericotemporalis.

III. Vergleich des Masseter-Temporalis-Komplexes im adulten und pränatalen Stadium

Die folgenden Angaben beziehen sich auf eine Gegenüberstellung eines pränatalen (etwa 8 Tage vorgeburtlich) und eines adulten Tieres.

1. Musculus masseter

Fiederschicht 1

Die Ursprungsaponeurose Ia ist beim Föten schon ausgeprägt, wenn auch bei weitem nicht so derb wie beim Erwachsenen. Während des Wachstums verlängert sich das Sehnenblatt um etwa 130 % von 17,1 auf 39,2 mm. Die von ihm kommenden Muskelfasern steigern sich hingegen um 100 % von 10,0 auf 20,0 mm. Dies bedeutet eine stärkere Längenzunahme des sehnigen Anteils. Im Verhältnis zur Referenzlinie der Oberkieferkauebene liegt somit ein überproportionales Wachstum vor.

Am Kieferast sind die Sehnenblätter A IIa und A IIb in der fötalen Phase noch nicht vorhanden. Mit der Ausbildung der A IIb werden die vorderen Anteile der Muskellage um ca. 10° steiler gestellt. Die kaudalen Fasern der Fiederschicht Ia zeichnen sich nach Abschluß der Entwicklung durch eine um 10° geringere Neigung aus. Dafür verantwortlich ist der enorme sagittale Zuwachs des Processus angularis, hinter dem die Höhenzunahme des Ramus mandibulae erheblich zurückbleibt.

Bereits vor der Geburt sind die beiden schmalen Lamellen der A Ib sowie der diese unterlagernde Sesamknorpel gut ausgeprägt. Eine Verlängerung um 106 % von 17,5 auf 36,1 mm erfährt das oberflächlichere Sehnenblatt. Von den an ihm entspringenden Muskelbündeln sind diejenigen am längsten, welche zum Unterrand des Muskelfortsatzes ziehen. Sie zeigen eine Steigerung um rund 170 % von 11,1 auf 29,9 mm, die im Zusammenhang mit der Veränderung an der Fortsatzunterkante steht. Beim Ungeborenen ist sie nach ventral gerichtet, wogegen sich beim reifen Tier eine Abweichung nach medial vollzogen hat. Die

Muskelfasern folgen der Bewegung und gelangen in einem weit ausholenden Bogen von oben her an ihre Ansatzstelle. So erklärt sich die Entstehung des kräftigen Muskelwulstes medial der Mandibula und des Musculus pterygoideus medialis, der dem pränatalen Meerschweinchen noch fehlt.

Demgegenüber charakterisieren die vordere Partie der FS 1b keine besonders auffälligen Umgestaltungen. Die tiefe Lamelle wächst lediglich um ungefähr 70 % von 14,4 auf 24,3 mm, die zugehörigen Muskelfasern um nahezu 130 % von 6,9 auf 15,8 mm. Bemerkenswerterweise reicht die vordere Portion der FS 1b schon beim Foetus auf der Medialseite des Kieferastes bis knapp unter den Kronenfortsatz. In beiden Altersstufen befindet sich die Sehnen-Muskलगrenze auf dem Niveau der Incisura praeangularis.

Fiederschichten 2 und 3

Eine präparatorische Trennung der Fiederschichten 2 und 3 ist im vorgeburtlichen Spätstadium nicht durchführbar, da die Ursprungsaponeurose III nur andeutungsweise vorhanden ist. Mit der Ausprägung des Sehnenblattes geht die Anlagerung von Knochenmaterial am Unterrand des Jochbogens einher.

Die Ansatzaponeurose IV des Jungen ist bereits gut entwickelt. Dieser Sehnen Spiegel neigt sich während der Ontogenese infolge der Längenzunahme des Processus angularis etwas nach vorne unten. Auch die Muskelfasern verlaufen im adulten Zustand um etwa 10° flacher. Ihre Länge verdoppelt sich von 7,5 auf 15,0 mm.

Fiederschicht 4

Die vorderen Muskelbündel steigern sich um etwa 124 % von 7,3 auf 16,3 mm. Dagegen wachsen die hinteren Fasern nur um ca. 74 % von 5,0 auf 8,7 mm. Letzteres beruht auf der Rostralverlagerung der hinteren Jochbogenwurzel.

Fiederschicht 5

Die Veränderungen betreffen in erster Linie den Ursprung der Muskelportion. Das auf dem Corpus maxillae und dem Os incisivum gelegene Areal wird im Rahmen des Reifungsprozesses nach rostral erweitert und von einer markanten Knochenleiste eingefasst, an der beim ungefähr 1 Jahr alten Tier die A V angeheftet ist. Außerdem kippt - wie beschrieben - die obere Jochbogenspange nach vorne unten. Dadurch nimmt diese Muskelpartie des adulten Masseters bis zum Hypomochlion hin eine mehr horizontale Richtung ein.

Im Ansatzgebiet sind die Veränderungen weniger augenscheinlich. Die Aponeurose VI ist schon vor der Geburt sehr deutlich erkennbar. Sie verdoppelt im Zuge des Wachstums ihre Länge von 7,0 auf 14,0 mm. An den Muskelfasern des FS 5 mißt man eine Zunahme um rund 88 % von 13,8 auf 25,9 mm. Unabhängig vom Alter steht die Sehne und damit die wirksame Endstrecke vertikal zur Kauebene.

Der Muskel als Ganzes

Nach beendeter Entwicklung wirkt der Masseter gedrungener. Während das sagittale Wachstum von ca. 28 auf ca. 50 mm nur 78 % beträgt, vergrößert sich die Breite um 112 % von etwa 8 auf etwa 17 mm. Um die Massenzunahme abschätzen zu können, wurden die Trockengewichte bei einem pränatalen und einem reifen Exemplar bestimmt. Danach erfährt der Kaumuskel eine Vermehrung von 68,8 auf 796,6 mg, was einer Steigerung um etwa das 10-fache entspricht.

Bereits 8 Tage vor der Geburt besitzt der Muskel den prinzipiell gleichen Fiederschichtenaufbau wie im adulten Zustand. In der Frühphase ist das Sehnenskelett jedoch noch nicht vollständig ausgebildet.

2. Musculus temporalis

Fiederschicht 1

Beim Jungtier kommen nur äußerst spärliche Fasern der FS 1 aus der Gegend des Squamaunterrandes. Ihr Ansatzgebiet liegt hinter dem Processus coronoideus entlang der ventralen Kante der lateralen Sehnenfläche. Im ausgewachsenen Stadium ist der Randstreifen der Temporalisfaszie zur Ursprungsaponeurose der FS 1 umgestaltet. Sie beginnt über dem Porus acusticus externus, verläuft der Muskelgrenze folgend zunächst nach hinten, dann parietalwärts und biegt schließlich etwas nach rostral um. Entsprechend der Vergrößerung der sehnigen Ursprungsregion weitet sich das Insertionsareal auf der Außenseite der Ansatzaponeurose entlang ihrer Ränder aus.

Fiederschicht 2

Die A II und der parietale Teil der FS 2 lassen 2 Tendenzen erkennen:

- a) Sie fächern sich mit fortschreitender Reife auf. Ihre Unterränder bleiben in Bezug zur Oberkieferkauebene unverändert, wogegen der Vorderrand bei der Fiederschicht um 30° und bei der Sehne um 5° steiler gestellt wird.
- b) Es kommt zur Ausdehnung des Muskels in kaudoparietaler Richtung. In der fötalen Spätphase erreicht der Muskeloberrand nicht ganz das Niveau der Sutura temporofrontalis und hält daher einen beträchtlichen Abstand zur Sutura sagittalis ein. Zudem gelangen die Muskelbündel nach hinten lediglich bis zur Naht zwischen Scheitelbein und Os interparietale. Nach Abschluß der Ontogenese dagegen berührt die parietale Ausbreitungsgrenze im hinteren Abschnitt des Muskels die Mediane. Dies führt zur Ausbildung einer niedrigen Crista sagittalis auf dem Os interparietale. Ein weiterer schwacher Knochenkamm wird ent-

lang der Sutura occipito-(inter)parietalis aufgeworfen. An ihm endet die kaudale Partie des ausgewachsenen Temporalis. Im Rahmen dieser Umformung erhöhen die Muskelfasern ihre Länge um 88 % von 11,7 auf 22,0 mm; die Ansatzaponeurose weist eine Steigerung um 72 % von 16,8 auf 28,9 mm auf.

Demgegenüber kennzeichnet die orbitale Portion der FS 2 eine relative Formkonstanz. Ihre Fasern passen sich mit einer Verlängerung von 6,2 auf 11,1 mm der Zunahme des Abstandes zwischen Orbitahinterwand und Kronenfortsatz an. In beiden Entwicklungsstadien fällt auf, daß die pyramidenförmige Muskellage im Vergleich mit dem parietalen Temporalisanteil eine stärker geneigte Orientierung besitzt. Das beim erwachsenen Meerschweinchen nach medial und hinten eingeschlagene Stück der A II fehlt dem Ungeborenen noch weitgehend.

Der Muskel als Ganzes

Der Temporalis ist nur schwach ausgeprägt. Dies trifft in besonderem Maße auf die oberflächliche Fiederschicht zu. Seine Länge steigt von rund 24 auf ca. 36 mm um 50 %, wogegen seine maximale Breite infolge der Auffächerung und kaudoparietalen Ausdehnung erheblich mehr von nicht ganz 7 auf etwa 12 mm zunimmt. Aus der Gewichtsermittlung der entwässerten Temporales von jungem und altem Tier resultiert ein Zuwachs von 5,3 auf 120,4 mg. Danach vergrößert sich die Muskelmasse um ungefähr das 20-fache.

Wie beim Masseter ist die Gliederung in Fiederschichten vorgeburtlich schon vollzogen, die Ausbildung des Sehnenskeletts allerdings verzögert.

D i s k u s s i o n

Differentes Wachstum des Kopfes führt zur Formveränderung und disproportionaler Vergrößerung seiner Teile. Am Calvarium wirken in erster Linie das Gehirn, die Sinnesorgane und der Kauapparat als gestaltende Faktoren (BLUNTSCHLI; 1929). Die Mandibula wird hauptsächlich von den Kaumuskeln und den Zähnen, weniger von der Zunge geprägt. Viele wachstumsbedingte Umgestaltungen sind untereinander verbunden, so daß es anhand der vorliegenden Untersuchungen schwierig ist, die primär wirksamen Faktoren zu erkennen. Es ist jedoch anzunehmen, daß z. B. die Mandibula auf Grund der dort herrschenden geringen Konkurrenz der Organe eher in der Lage ist, sich sekundär den Umformungen des Oberschädels anzupassen als umgekehrt.

Die Krümmungsverhältnisse an der Basis cranii höherer Wirbeltiere waren Gegenstand einer Reihe von schädeltypologischen Analysen (z. B. STARCK; 1953; KUMMER; 1957; FRICK; 1960; HOFER; 1960; FREYE; 1962). Sie sollen hier lediglich in ihren Auswirkungen auf den Kauapparat diskutiert werden. Eine zentrale Bedeutung kommt beim Meerschweinchen der Aufbiegung des Clivus nach dorsal zu (Abb. 16). Der Processus pterygoideus des Keilbeins und die Lamina perpendicularis des Gaumenbeins folgen dieser Bewegung eventuell unter dem Einfluß der veränderten Zugrichtung des Musculus pterygoideus medialis und des Wachstumsdruckes des M 3. Durch die Positionsänderung der beiden Knochenteile nach hinten oben wird Platz geschaffen, so daß der 3. Molar die Möglichkeit erhält, sich steiler zur Kauebene einzustellen. Desweiteren ist die Abflachung des Clivus gekoppelt mit der Anhebung der Bulla tympanica sowie der Squama und verursacht letztendlich die Verlagerung des Kiefergelenkes nach rostrodorsal. Dabei muß selbstverständlich die hintere Jochbogenwurzel mitgenommen werden, was sich in einer stärkeren Krümmung des kaudalen Abschnittes des Arcus zygomaticus manifestiert (Abb. 1). Die Mandibula reagiert auf die Verlagerung des Kiefergelenkes mit einer überproportionalen Höhenzunahme des Astes und dem Aufrichten des Processus condylaris nach vorne. Bedeutsamer ist jedoch die Drehung des

gesamten Unterkiefers um eine transversale Achse. Dadurch werden der Prämolare und die beiden ersten Molaren steiler zur Okklusionsebene orientiert, ohne ihre Stellung innerhalb des Kiefers zu verändern. Der 3. Molar würde infolge der Drehbewegung in eine ungünstige Position zur Kauebene gelangen, wenn nicht gleichzeitig eine Abbiegung der Mandibula unterhalb und vor seiner Wurzel erfolgte. Die Abbiegung kommt in einer betonteren Abwinkelung des Processus angularis gegenüber dem Kieferkörper in der Incisura praeangularis zum Ausdruck. Bemerkenswert ist in diesem Zusammenhang, daß im pränatalen Zustand eine bereits gut entwickelte Muskelschlinge (vordere Portion der FS 1b) die Knickstelle umgreift (Abb. 12). Unter Umständen spielt ebenfalls der Zug des Musculus temporalis eine Rolle, denn sein Ansatz am Processus coronoideus liegt genau oberhalb des tiefsten Punktes der Incisura praeangularis. Darüberhinaus zeigt das Planum nuchale mit fortschreitendem Alter - bedingt durch die Abflachung des Clivus - zunehmend nach kaudal. Infolgedessen wird die Wölbung des Schädeldaches nahezu ausgeglichen (Abb. 1, 16). Aufgrund der veränderten Richtung des in den Nähten der Calvaria stattfindenden appositionellen Wachstums gleitet das Os nasale etwas rostralwärts und schiebt hierbei die obere Spange der vorderen Jochbogenwurzel vor sich her.

Die verschiedenen Krümmungen an der Schädelbasis können unabhängig voneinander erfolgen (HOFER; 1953; FREYE; 1962). Auch anhand der vorliegenden Befunde ist es nicht möglich, eine Beziehung zwischen der Anhebung des Clivus und den Vorgängen an der Schnauzenpartie des Cranium herzustellen. Das Entwicklungsgeschehen ist dort vor allem durch die Erweiterung der von den Incisivi gebildeten Zange gekennzeichnet (Abb. 1, 16). Im Oberkiefer werden die Schneidezähne nach dorsal, im Unterkiefer nach ventral abgebogen. Gleichzeitig erfahren die Prämolaren eine geringfügige Mesialkipfung.

Die Mm. masseter und temporalis des Meerschweinchens unterzogen bereits TOLDT (1905) und SCHUMACHER (1961) einer eingehenden Analyse. Für die vorliegende Problemstellung war es jedoch nötig, zusätzlich eigene Befunde zu erheben. Die

Gliederung und Nomenklatur des Masseter-Temporalis-Komplexes wird in der Literatur leider nicht einheitlich gehandhabt. Bei den dargelegten Untersuchungen wurden daher einem Vorschlag HEINZES (1961) folgend die Fiederschichten von außen nach innen durchnummeriert. Zu einer Fiederschicht wurden alle Fasern zusammengefaßt, die vom selben Ursprungsareal kommen. Dieses Gliederungsprinzip ist zwar nur formalmorphologisch und nimmt keine Rücksicht auf die genetische Herkunft des Materials. Dennoch zeigt sich eine weitgehende Übereinstimmung mit dem Aufzweigungsmodus des Nervus massetericotemporalis (Abb. 15). Außerdem hat sich ein solches Vorgehen als Mittel zur Deskription bewährt.

Die Fiederschichten 1a, 2 und 3 ergeben den lateralen, hinteren Teil des Musculus masseter. Sie können gemeinsam besprochen werden, da sie denselben Einflüssen während der Ontogenese unterworfen sind. Veränderungen beruhen zum einen auf dem enormen Längenwachstum des Processus angularis und der im Verhältnis dazu geringeren Höhensteigerung des Ramus mandibulae, zum anderen auf der Ausbildung der Ursprungssehne A III sowie der Ansatzaponeurose II. Die Verlängerung des Winkelfortsatzes bewirkt eine flachere Verlaufsrichtung der Fasern mit Ausnahme der rostralen Bündel der FS 1a, die infolge der Ausprägung der A IIb etwas steiler eingestellt werden. Im Vergleich mit der FS 1a nehmen die Muskelbündel der Fiederschichten 2 und 3 weniger an Länge zu, was teilweise auf die sich im Zuge des Reifungsprozesses vergrößernde A III zurückzuführen ist, welche die Distanz zum Ansatz hin verkürzt. Diese Muskelpartie weist eine einfache, lamelläre Schichtung auf, wogegen die anderen Portionen komplizierter gebaut sind. Ihre Entwicklung ist gegenüber der des restlichen Masseters verzögert.

Die vordere untere Portion des Muskels wurde von TULLBERG (1900) sehr treffend als "Pars reflexa" bezeichnet. Sie entspricht der Fiederschicht 1b. Ihr rostraler Anteil ist schon im Fötalstadium gut erkennbar und reicht auf der Medialseite des Kieferastes hoch hinauf (Abb. 12). Die hinteren Fasern der FS 1b sind unter anderem an der ventralen Kante des Processus angularis angeheftet. Der Unterrand des Fortsatzes knickt erst

nachgeburtlich medialwärts um, wobei er die an ihm befestigten Muskelbündel mitnimmt (Abb. 11). Dadurch werden sie zu einem bogenförmigen Verlauf gezwungen, der medial der Mandibel und des ansatznahen Abschnittes des Musculus pterygoideus medialis einen kräftigen Muskelwulst entstehen läßt. Dies bedingt eine enorme Vergrößerung der Distanz vom Ursprung zum Ansatz. Während die sehnige Ursprungslamelle ihre Länge verdoppelt, steigt die der Muskelfasern um etwa 170 %. Das bedeutet die größte Zunahme von allen Muskelfasern.

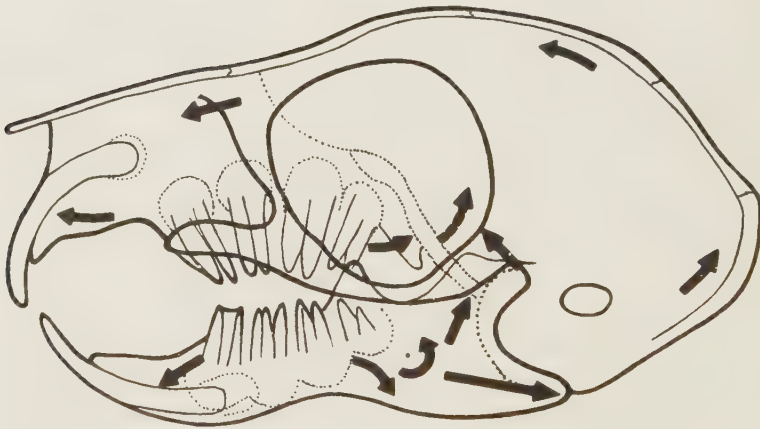


Abb. 16: Schädel eines vorgeburtlichen Tieres; die punktierten Linien stellen die Schädelbasis und die Alveolen dar, die dünnen geben verdeckte Knochenanteile wieder. Durch Pfeile werden die Wachstumstendenzen symbolisiert.

Von besonderem Interesse ist bei den Nagern die tiefste Lage des Masseters. Ihre hintere Portion nennt TOLDT (1905) Zygomaticomandibularis, ihre vordere Maxillomandibularis, die mit den Fiederschichten 4 und 5 identisch sind. Die spezifischen Verhältnisse bei den Rodentia können erst erhellt werden, wenn man das vordere Stück des Jochbogens einer vergleichend-anatomischen Betrachtung unterzieht. MÜLLER (pers. Mitteilung) konnte bei einer Reihe von Schädeln aus verschiedenen Ordnungen der Säuger beobachten, daß die rostrale Abstützung des Arcus zygomaticus über den hinteren Molaren liegt. Bei den Nagern hingegen löst sich der Jochbogen rostralwärts aus der Wand des Kieferkörpers und stellt erst über dem PM 4 den Kontakt zu diesem her. Das Foramen infraorbitale wird hierbei weitgehend in den Arcus zygomaticus einbezogen. Der geschilderte Umwandlungsprozeß erklärt die Entstehung einer oberen und einer unteren Jochbogenwurzel, welche die Öffnung größtenteils umrahmen. Darüberhinaus erfährt das Foramen eine enorme Erweiterung. Der Schermaus fehlt der Prämolare, aber auch hier erfolgt die Abstützung an gleicher Stelle, nämlich vor der Molarenreihe (SCHÖLLHORN; 1982). Das Ursprungsareal des Zygomaticomandibularis wird bei den nonrodenten Säugern nach vorne von der Jochbogenwurzel abgeschlossen. Durch die Verlängerung des Arcus zygomaticus nach rostral und die damit verbundene Einbeziehung des Foramen infraorbitale wird bei den Nagern das Ursprungsgebiet geöffnet, so daß der Zygomaticomandibularis als Maxillomandibularis bis auf das Os incisivum vordringen kann (Abb. 13, 14). Der Aussage von TOLDT (1905), daß "das Vorkommen dieses eigentümlichen Muskelbauches ... an eine mehr oder weniger beträchtliche Ausweitung des Foramen infraorbitale geknüpft" ist, muß voll zugestimmt werden. Die Vergrößerung des Zygomaticomandibularis nach vorne verursacht ebenso an der Mandibula eine markante Veränderung. Bei den nonrodenten Mammalia bleibt die Ansatzregion des Muskelteils in der Fossa masseterica auf den Ramus beschränkt (MÜLLER; pers. Mitteilung). Diese Grube öffnet sich beim Meerschweinchen nach vorne unten und geht in die auffällige Knochenrinne am Corpus mandibulae über.

Die hinteren Fasern der FS 4 (Zygomaticomandibularis) stellen den nahtlosen Übergang vom Musculus masseter zum Musculus temporalis her. Der Schläfenmuskel ist nur mäßig entwickelt. Besonders schwach ist seine oberflächliche Lage FS 1. Damit wird verständlich, warum es nicht gelang, die Nn. temporales profundi anterior und medius mit der Auffaserungsmethode darzustellen. An Primaten konnte MÜLLER (pers. Mitteilung) nachweisen, daß die beiden Nerven für den oberflächlichen Temporalis zuständig sind und ihre Dicke von der Ausprägung dieser Fiederschicht abhängig ist.

Das Trockengewicht des Schläfenmuskels beträgt in der pränatalen Spätphase (5 Tage vor der Geburt) $1/13$ von dem des Masseters, im adulten Zustand $1/6$. Dementsprechend ist die Massenzunahme postpartal stärker als die des Masseters.

Bei den perinatalen Exemplaren endet der dorsokaudale Rand des Muskels noch weit vor der Medianen. Dagegen wird beim Erwachsenen die Mittellinie auf dem Os interparietale erreicht. Dennoch ist die Längensteigerung des Temporalis in Bezug zur Kauebene beträchtlich unterproportional. Das ist umso erstaunlicher, als das Os interparietale im Rahmen der Ontogenese nach dorsal geklappt wird. Die Ausweitung des Ursprungsfeldes nach parietal sowie die Anhebung des Zwischen-schädelbeins sind demnach nicht in der Lage, das unterproportionale Wachstum des Schläfenmuskels voll zu kompensieren.

Die Zähne sind die Erfolgsorgane des Kauapparates. Dabei bilden sowohl die Incisivi als auch die Seitenzähne jeweils eine funktionelle Einheit. Die Tätigkeit der Schneidezähne wird von HILMAE (1971) als "ingestion", die der Molaren als "mastication" bezeichnet. Bei der Befunderhebung wurde die Länge der Seitenzahnkauebene als Referenzlinie verwendet. Daher sind Aussagen über die Wirkung wachstumsbedingter Veränderungen nur für diese Zähne möglich. Das Geschehen ist dort durch die annähernde Parallelisierung ihrer Längsachsen geprägt (Abb. 1, 17). Erwähnenswert ist, daß die Achsen nach abgeschlossener Entwicklung nicht senkrecht auf die Okklusions-

ebene treffen, sondern im Unterkiefer nach mesial und im Oberkiefer nach distal geneigt sind.

Die Nagetiere sind im besonderen Maße fähig, antero-posteriore Schlittenbewegungen durchzuführen. Durch die quer und schräg dazu angeordneten Schmelzleisten können Nahrungspartikel zwischen den Zahnreihen abgeraspelt und zerrieben werden. Hierbei treten Scherkräfte auf, die beim Vorschub der Mandibula entlang der Okklusionsebene zur Geltung kommen. Um diese Kräfte aufzufangen, ist es nötig, daß sich die Zähne mit ihren Approximalflächen dicht aneinanderlegen und sich so gegenseitig abstützen. Außerdem ist der in der Alveole befindliche Teil des Zahnes wesentlich länger als der in die Mundhöhle hineinragende. Dadurch bleibt der Hebeleffekt der Scherkräfte klein.

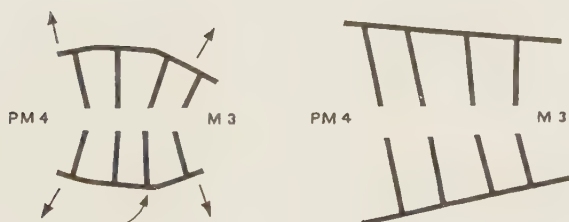


Abb. 17: Schematische Darstellung der Zahnachsen sowie der Alveolenböden beim Fetus (links) und beim adulten Tier (rechts); die Pfeile geben wachstumsbedingte Verlagerungen an.

Zum einen begünstigt der weit rostral gelegene Ansatz und die steile Verlaufsrichtung der FS 5 (Maxillomandibularis) die Entstehung starker Kaudrücke. Zum anderen gelangt die oberflächliche Fiederschicht des Masseters wegen des enorm nach hinten auswachsenden Processus angularis in eine flache Position gegenüber der Kauebene und ist in der Lage, zusammen mit den beiden Flügelmuskeln eine starke Protraktionswirkung zu erzielen. Die während der Ontogenese zu beobachtende Veränderung der Zahnstellungen führt zu einem Kompromiß, der geeignet ist, die koachsialen Drücke wie auch die Scherkräfte bei der Adduktion bzw. Protraktion der Mandibel aufzufangen.

Z u s a m m e n f a s s u n g

Es wurden die Auswirkungen einiger wachstumsbedingter Veränderungen des Schädels sowie der Mm. masseter und temporalis auf die Seitenzahnreihe (PM 4 bis M 3) des Meerschweinchens untersucht.

Um geeignete Parameter zu finden, welche diese Veränderungen erfassen, erwies es sich als hilfreich, die Seitenansichten eines pränatalen (8 Tage vor der Geburt) und eines adulten Tieres übereinander zu projizieren, wobei die Oberkieferkauebene auf gleiche Länge und zur Deckung gebracht wurden.

Der Abflachung des Clivus gegenüber der Okklusionsebene wird eine zentrale Bedeutung beigemessen. Sie ermöglicht das Aufrichten des 3. Molaren. Darüberhinaus kommt es zur Verlagerung des Kiefergelenks nach rostradorsal. Es wird angenommen, daß die Mandibula darauf mit einer Drehung um eine transversale Achse reagiert. Dadurch erhalten der 1. und 2. Molar eine kauphysiologisch günstigere Stellung. Der 3. Mahlzahn erfährt infolge der Abwinkelung innerhalb des Unterkiefers eine Aufrichtung. In beiden Kiefern stehen die Prämolaren unter dem Einfluß der Incisivi, die nach dorsal bzw. nach ventral gekippt werden.

Es wird die Entstehung des für die Nager charakteristischen Maxillomandibularis im Zusammenhang mit der Verlängerung des Arcus zygomaticus nach vorne und der damit verbundenen teilweisen Einbeziehung des Foramen infraorbitale in den Jochbogen diskutiert. Der Maxillomandibularis steigert den Kaudruck. Die oberflächliche Fiederschicht des Masseters kann aufgrund des beträchtlichen Kaudalwachstums des Processus angularis den Vorschub der Mandibula kräftig unterstützen.

Die am Schädel beobachteten Veränderungen führen zur annähernden Parallelisierung der Längsachsen der Seitenzähne, die im Oberkiefer des reifen Tieres etwas nach distal und im

Unterkiefer etwas nach mesial gekippt sind. Mit dieser die Entwicklung begleitenden Umorientierung der Zahnachsen versucht wahrscheinlich der Kauapparat sowohl den Druck- als auch den Scherkräften gerecht zu werden.

L i t e r a t u r v e r z e i c h n i s

BLUNTSCHLI, H.:

Die Kaumuskulatur des Orang-Utan und ihre Bedeutung für die Formung des Schädels. 1. Teil.

Morphol. Jahrb. 63 S. 531 - 606 1929

FREYE, H. A.:

Beiträge zum Problem des Gestaltwandels bei Säugerschädeln unter besonderer Berücksichtigung der Nager (Lagomorpha et Rodentia). I. Allgemeine Bemerkungen zur Methodik.

Morphol. Jahrb. 102 S. 137 - 149 1962

FRICK, H.:

Über die Variabilität der präbasialen Kyphose bei Pavianschädeln.

Zeitschr. Anat. Entwicklungsgesch. 121 S. 446 - 454 1960

HEINZE, W.:

Die Kaumuskulatur des Schweines in anatomischer und funktioneller Hinsicht.

Anat. Anz. 109 S. 269 - 291 1961

HIEMAE, K.:

The Structure and Function of the Jaw Muscles in the Rat (*Rattus norvegicus* L.). II. Their Fibre Type and Composition.

Zool. J. Linn. Soc. 50 pp 101 - 109 1971

HOFER, H.:

Über Gehirn und Schädel von *Megaladapis edwardsi* G. Grandidier (Lemuroidea), nebst Bemerkungen über einige airorhynche Säugerschädel und die Stirnhöhlenfrage.

Z. Wiss. Zool. 157 S. 220 - 284 1953

Studien zum Problem des Gestaltwandels des Schädels der Säugetiere, insbesondere der Primaten, I.

Z. Morph. Anthrop. 50 S. 299 - 316 1960

KUMMER, B.:

Zur Frage der Orientierung von Primatenschädeln zum
morphologischen Formvergleich.

Anthrop. Anz. 20 S. 283 - 290 1957

MÜLLER, U.:

Persönliche Mitteilungen.

SCHÖLLHORN, W.:

Zur Morphologie des Masseter-Temporalis-Komplexes
von *Arvicola terrestris* Sherman.

Inaug. Diss. Med. Fak. München 1982

SCHUMACHER, G. H.:

Funktionelle Morphologie der Kaumusculatur.

G. Fischer Verlag Jena 1961

STARCK, D.:

Morphologische Untersuchungen am Kopf der Säugetiere,
besonders der Prosimier, ein Beitrag zum Problem des
Formwandels des Säugetierschädels.

Z. wiss. Zool. 157 S. 169 - 219 1953

STOJANOWIĆ, V.:

Altersmerkmale am Skelett des Meerschweinchens, *Cavia
porcellus* L. 1758, im ersten Lebensjahr.

Säugetierkundliche Mitteilungen 25 S. 1 - 7 1977

TOLDT, C.:

Der Winkelfortsatz des Unterkiefers beim Menschen und bei
den Säugetieren und die Beziehungen der Kaumuskeln zu
demselben. II. Teil.

Sitzungsber. Akad. Wiss. Math. Nat. Cl. 114 Abt. III
S. 315 - 476 1905

TULLBERG, T.:

Ueber das System der Nagethiere.

Nov. Acta. Reg. Societ. Sci. Upsalensis

Ser. III Vol. XVIII S. 1 1900

Für die Überlassung des Themas darf ich mich beim Vorstand der Anatomischen Anstalt München, Herrn Prof. Dr. H. Frick, herzlich bedanken.

Besonders danke ich auch Herrn Dr. U. Müller für die Bereitstellung des Untersuchungsmaterials und jederzeit gewährten Beistand in Rat und Tat.

Darüberhinaus gilt mein Dank Frau G. Ziegleder für ihren großen Einsatz bei der Herstellung der Fotos; desgleichen Herrn H. Ruß für die sorgfältige Anfertigung der Abbildungen Nr. 1 und 8 sowie die fachmännische Beratung zu den eigenen Zeichnungen.

L e b e n s l a u f

Geboren am 23. März 1958 in Mainburg/Niederbayern

1964 - 1977	Besuch der Grundschule und eines Mathematisch-naturwissenschaftlichen Gymnasiums. Abgang mit dem Abitur
1977 - 1978	Wehrdienst
1978 - 1979	Student der Pharmazie
1979 - 1985	Studium der Zahnheilkunde
05.02.1985	Bestallung als Zahnarzt

